ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ
PROCESSES AND MACHINES OF AGRO - ENGINEERING SYSTEMS



УДК 621.316 10.23947/1992-5980-2018-18-1-118-123

Определение оптимальной группы потребителей для электроснабжения с использованием ветро-солнечных электростанций*

А. Е. Усков[1**]
[1] Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Российская Федерация

Determination of optimal consumer group for electricity supply using solar-wind power plants***

A. E. Uskov[1**]
[1] Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

Введение. В настоящее время производство и потребление электрической энергии постоянно растёт. Одним из вариантов решения энерго-экологических проблем России может стать использование возобновляемых источников энергии, в частности, ветро-солнечных станций распределённого типа. Для снижения себестоимости вырабатываемой электроэнергии целесообразно часть вырабатываемой энергии переложить на комбинированную ветро-солнечную электростанцию, с возможностью параллельной работы с центральной системой электроснабжения. Авторами рассмотрены варианты электроснабжения потребителей, определены объёмы энергии, вырабатываемые ветряными и солнечными установками, а также определены наиболее оптимальные объекты, при электроснабжении которых возможно использование ветро-солнечных установок безаккумуляторного, распределённого типа.
Материалы и методы. Проведен технико-экономический анализ применения ветро-солнечных установок для различных объектов электроснабжения.
Результаты исследования. Доказана эффективность использования ветро-солнечных станций безаккумуляторного типа при параллельной работе с сетью для электроснабжения объектов сельскохозяйственного производства.
Обсуждение и заключения. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и реконструкции систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов.

Introduction. Currently, the production and consumption of the electrical energy is constantly growing. One of the solutions to energy and environmental problems in Russia is harnessing of renewable resources, in particular, distributed-type solar-wind power plants. To reduce the generated electric power costs, it is worth to shift part of the energy to a combined solar-wind power station with the potential parallel operation with the central power supply system. Some options of supplying consumers with the electric power are considered. The volume of energy produced by solar-wind installations is determined. Besides, the most optimal objects with the power supply of which it is possible to use solar-wind plants of the batteryless distributed type are determined.
Materials and Methods. A technical and economic analysis of the application of solar-wind installations for various power supply facilities is carried out.
Research Results. The efficiency of using batteryless solar-wind plants is shown under the parallel operation with the power network for agricultural production facilities.
Discussion and Conclusions. The results obtained can be used under designing and reconstruction of the power network systems of agricultural objects.

Ключевые слова: электроснабжение, надёжность, ветро-солнечная установка

Keywords: power supply, reliability, solar-wind power plant.

Образец для цитирования: Усков, А. Е. Определение оптимальной группы потребителей для электроснабжения с использованием ветро-солнечных электростанций / А. Е. Усков // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2018 — Т.18, №1. — С. 118−123.

For citation: A. E. Uskov. Determination of optimal consumer group for electricity supply using solar-wind power plants. Vestnik of DSTU, 2018, vol. 18, no.1, pp. 118−123.

Введение. Стоимость выработки электроэнергии в последние годы постоянно увеличивается, наравне со себестоимостью добычи нефти [1, 2]. Одним из вариантов решения энерго-экологических проблем России

* Работа выполнена в рамках инициативной НИР.
** E-mail: 9184349285@mail.ru
***The research is done within the frame of the independent R&D.

является использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ). ВИЭ — это источники энергии, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, в жизненном цикле растительного и животного мира, жизнедеятельности человеческого общества.

Ветро-солнечная электростанция (ВСЭ) предназначена для преобразования энергии ветра в механическую энергию вращающегося ветроколеса, а затем в электрическую энергию. Такая электростанция представляет собой комплекс оборудования для аккумулирования производимой ветроагрегатом и фотоэлектрической системой энергии и дальнейшего ее преобразования.

Материалы и методы. Рассмотрим пример компоновки гибридной ВСЭ для электроснабжения одного из посёлков Краснодарского края и ее усредненный суточный график потребления электроэнергии в течение года (рис. 1).

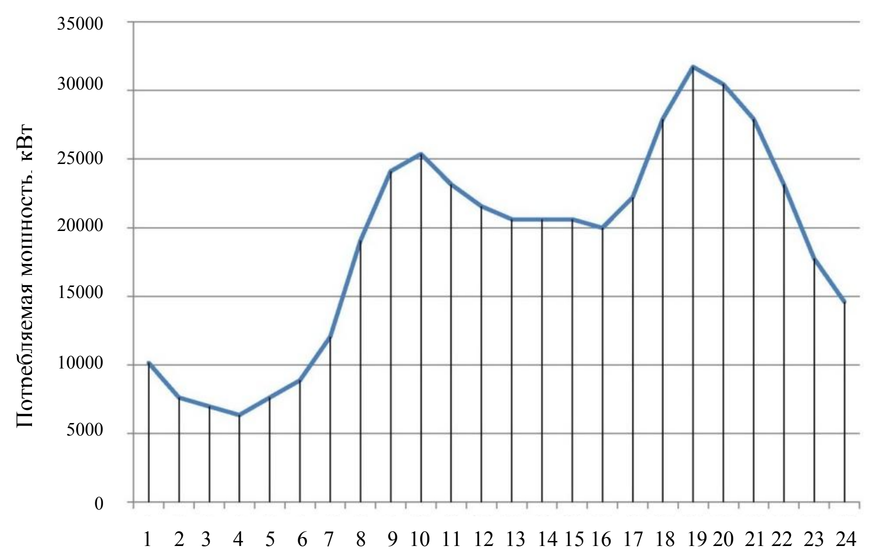


Рис. 1. Среднесуточная типовая динамика потребления мощности населенным пунктом

Fig. 1. Standard daily average power consumption dynamics by populated locality

Для снижения себестоимости вырабатываемой электроэнергии целесообразно часть вырабатываемой энергии переложить на комбинированную ветро-солнечную электростанцию. Расчет технико-экономических показателей гибридной установки будем проводить при условии, что она должна покрывать от 50 до 100 % потребности населенного пункта в электроэнергии. На основании проведенных расчетов будет принято решение о комплектации и установленной мощности оборудования.

Годовое потребление энергии вышеупомянутым населенным пунктом составляет $161{,}1 \cdot 10^9$ Вт·ч. Среднесуточное потребление энергии составляет 442,58 МВт·ч, среднегодовое потребление в течение светового дня — $114{,}38 \cdot 10^9$ Вт·ч, потребление в темное время суток — $46{,}7 \cdot 10^9$ Вт·ч.

Важным вопросом при проектировании комбинированной ВСЭ является выбор соотношения мощностей солнечной и ветряной установки. В зависимости от месячной выработки электроэнергии в конкретных климатических условиях тем или иным источником энергии можно сделать вывод о том, какой из источников в гибридной установке будет выполнять функции основного, а какой — вспомогательного, а также какое соотношение установленной мощности будет приходиться на тот или иной источник.

Для ВСЭ предлагается использовать стандартные серийные ветроэнергетические установки (ВЭУ) известных отечественных и зарубежных производителей [3, 4]. В условиях южных районов Краснодарского края рекомендуется использовать ВЭУ малой мощности. Комбинированный источник может состоять из одной или нескольких ВЭУ и солнечных панелей.

Исходя из климатических условий расположения Краснодарского края основным источником ВСЭ будет являться солнечная энергетическая установка (СЭУ), так как выработка годовой энергии единицей установленной мощности СЭУ больше.

Исходя из климатических условий и характеристик ветрогенератора была выбрана солнечная станция 24В Моно. Относительная годовая выработка ветрогенератора составляет 30000 кВт·ч, солнечных энергетических установок —720 кВт*ч. С учетом вышесказанного, можно принять следующее соотношение между установленными мощностями гибридной установки: 60 % установленной мощности гибридной установки должно

принадлежать солнечным батареям, 40 % — ветряной установке [5, 6]. Рассмотрим несколько вариантов использования ветро-солнечных электростанций.

1. Частичное электроснабжение посёлка от сети. За счет гибридной ветро-солнечной установки необходимо обеспечить годовую выработку в размере 50 % от потребляемой потребителем электроэнергии, что составляет $80{,}55 \cdot 10^9$ Вт·ч. При этом $48{,}33 \cdot 10^9$ Вт·ч должно вырабатываться фотоэлектрическими панелями, а $32{,}22 * 10^9$ Вт*ч — ветроустановкой (рис. 2).

Исходя из предварительно проведенных технико-экономических расчетов было принято решение, что в состав ВСЭ распределённого типа будет входить следующее оборудование: солнечные панели 300 Вт 24В Моно — 67125 шт.; ветрогенератор мощностью 5 кВт, модель 5 — 1067 шт. Генерация электроэнергии в течении суток проиллюстрирована на рис. 3.

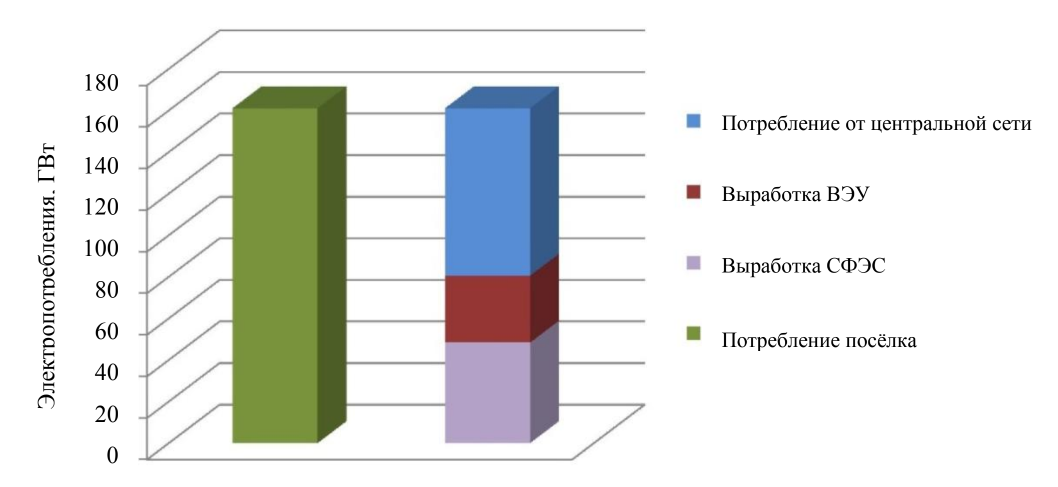


Рис. 2. Количество потреблённой электроэнергии (зелёный столбец) и доля каждого вида произведенной электроэнергии

Fig. 2. Amount of electricity consumed (green column) and rate of each type of electricity generated

Так как электроснабжение будет частично осуществляться от внешней сети, то необходимость в аккумулировании отсутствует. На рис. 3 показано соотношение вырабатываемой ВСЭ и потребляемых посёлком мощностей.

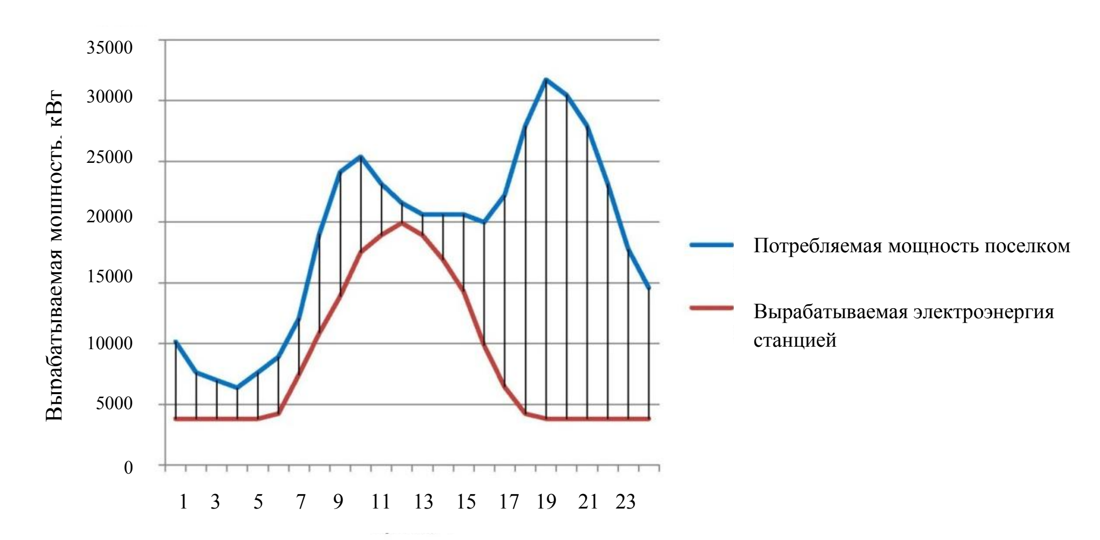


Рис. 3. Среднесуточная динамика мощности, вырабатываемой гибридной станцией, и мощности, потребляемой поселком

Fig. 3. Daily average power output of hybrid station, and power consumed by locality

2. Автономное электроснабжение посёлка. За счет гибридной ветро-солнечной установки необходимо обеспечить годовую выработку в размере 100 % от потребляемой поселком электроэнергии, что составляет $161{,}1 \cdot 10^9$ Вт·ч. Внешняя сеть при этом будет отключена и ее использование будет возможно только как аварийный резерв при ЧС. При этом $96{,}66 \cdot 10^9$ Вт·ч должно вырабатываться фотоэлектрическими панелями, а $64{,}44 \cdot 10^9$ Вт·ч — ветроустановкой (рис. 4)

В состав ВСЭ распределённого типа будет входить следующее обрудование: солнечные панели 300 Вт 24В — 134250 шт.; ветрогенератор мощностью 5 кВт — 2134 шт.

Суммарная выработка гибридной установки составляет 161,117·10^9 Вт·ч, что превышает потребность поселка в энергии на 1,7·10^6 Вт·ч (рис. 5). Избыток вырабатываемой энергии может быть сохранен в аккумуляторах. Для работы установки потребуется 708-ми аккумуляторная батарея [3–7].

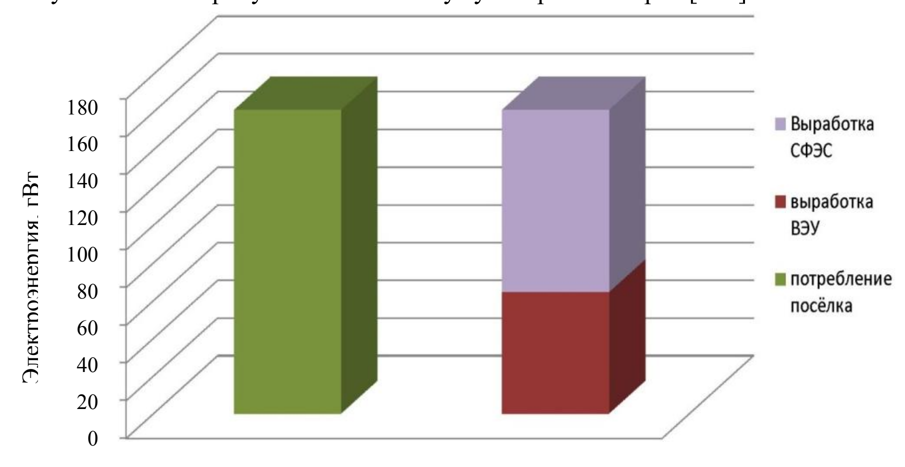


Рис. 4. Количество потреблённой электроэнергии (зелёный столбец) и доля каждого вида произведенной электроэнергии



Fig. 4. Amount of electricity consumed (green column) and rate of each type of electricity generated

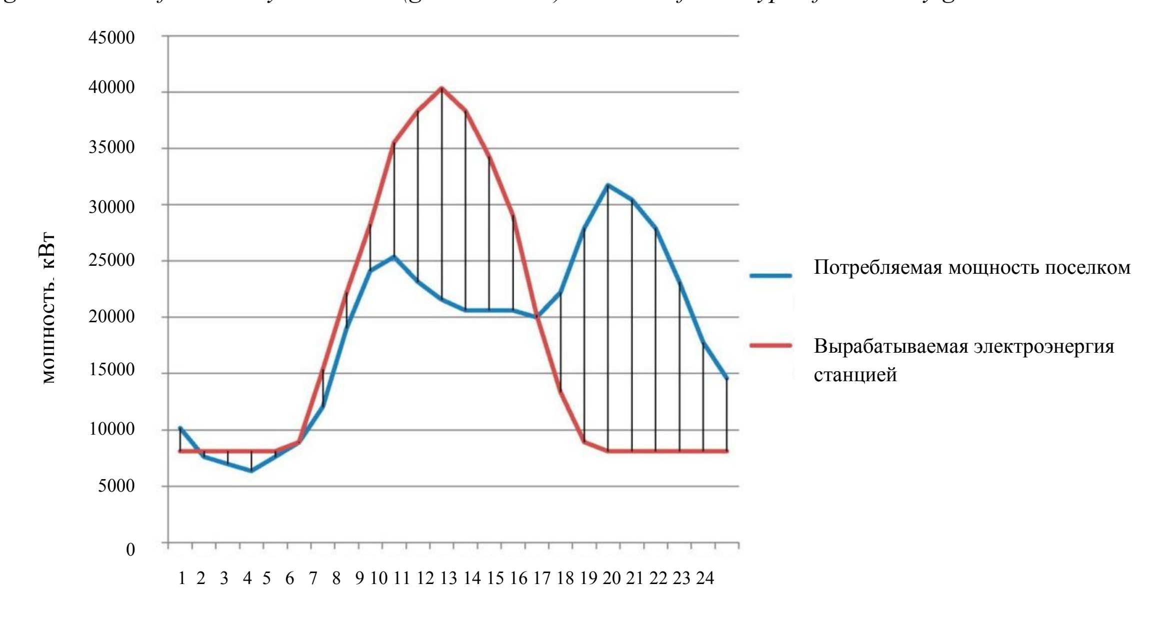


Рис. 5. Среднесуточная динамика мощности, вырабатываемой гибридной станцией, и мощности, потребляемой поселком

Fig. 5. Daily average power output of hybrid station, and power consumed by locality

3. Электроснабжение сельскохозяйственного производства. В рассмотренных выше вариантах электроснабжения суточные графики генерирования и потребления электроэнергии имеют различные формы кривых, что создаёт перепроизводство или дефицит энергии (рис. 3, 5). Идентичную форму кривой нагрузки и генерирования электроэнергии имеют сельскохозяйственные предприятия (рис. 6), у которых основные технологические циклы с большим энергопотреблением происходят в дневное время. Из рис. 7 видно, что максимум производства электроэнергии совпадает с максимальным пиком нагрузки. Поэтому использование гибридных ветро-солнечных станций для сельскохозяйственного предприятия наиболее оптимально.

Например, для действующего сельхозпредприятия Краснодарского края в г. Славянск-на-Кубани среднесуточное потребление энергии составляет 6943 кВт/д. Годовое потребление энергии составляет 2534,2 МВт·ч. Причем среднегодовое потребление электроэнергии в течение светового дня составляет 1900,65 МВт·ч, а в темное время суток — 633,55 МВт·ч. За счет гибридной ВСЭ необходимо обеспечить годовую выработку в размере 100 % от потребляемой электроэнергии, что составляет 2534,2 МВт·ч. При этом 1520,52 МВт·ч должно вырабатываться фотоэлектрическими панелями, а 1013,68 МВт·ч — ветроустановкой.

Результаты исследования. В состав ВСЭ распределённого типа будет входить следующее оборудование: солнечные панели 300 Вт 24В — 2112 шт.; ветрогенератор мощностью 5 кВт — 34 шт. Таким образом график генерируемой и потребляемой энергии будет выглядеть так, как продемонстрировано на рис. 7.

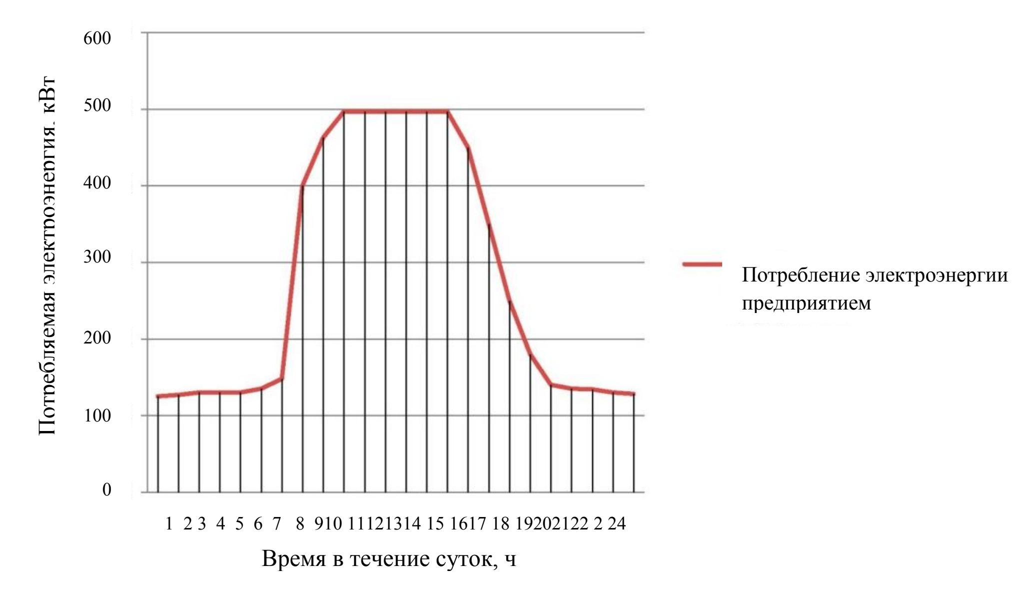


Рис. 6. Среднесуточное потребление электроэнергии сельскохозяйственным предприятием в течение года
Fig. 6. Daily average power consumption by agricultural enterprise during a year

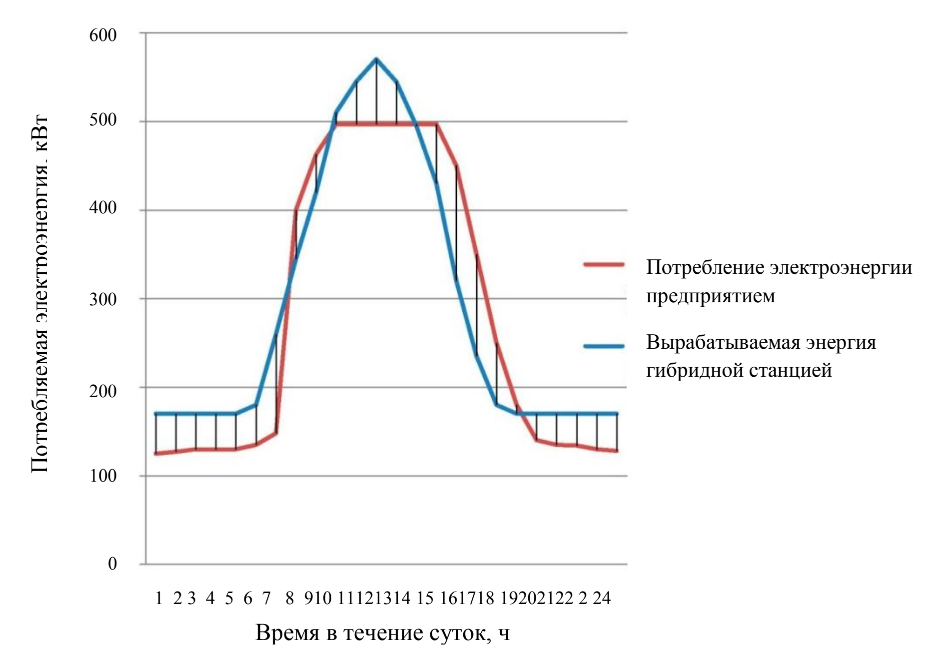


Рис. 7. Среднесуточная типовая динамика мощности, вырабатываемой ветро-солнечной электростанцией, и потребляемой мощности

Fig. 7. Standard daily average dynamics of power generated by solar-wind power plant, and power consumption

Обсуждения и заключения. Наиболее подходящими потребителями электроснабжения от гибридных ветро-солнечных электростанций являются сельскохозяйственные предприятия. При полном автономном электроснабжении поселка возникает ряд недостатков, главный из которых — вероятность возникновения долгих неблагоприятных погодных условий для ветро-солнечных установок, например, штиль при сильной облачности.

Для решения данной проблемы существует ряд технических решений:

1. Увеличение числа аккумуляторов для создания двукратного резерва потребляемого среднесуточного объёма энергии. Заметим, что данная мера не может гарантировать надёжное электроснабжение, так как неблагоприятные погодные условия могут продлиться дольше прогнозируемого срока, а также увеличение объёма аккумулируемой энергии требует последующего заряда аккумуляторов, что возможно при увеличении генерируемых мощностей, занимаемой площади и обслуживающего персонала.

2. Увеличение генерируемой мощности ветро-солнечных станций. Данное техническое решение, однако, может привести к переизбытку вырабатываемой энергии.

3. Отказ от автономной работы станции и переход на параллельную работу с централизованной электросетью — наиболее оптимальный вариант, т. к. полученный избыток электроэнергии возможно продавать в сеть.

Библиографический список

1. Альтернативные источники энергии. Часть 3. Как оценить скорость ветра для ветрогенератора [Электронный ресурс] / Радио Лоцман. — Режим доступа : http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=106995/ (дата обращения : 14.09.17).

2. Ветро-солнечная электрогенераторная установка bekar (Германия) [Электронный ресурс] / Дон-Вига. — Режим доступа : http://www.donviga.aaanet.ru/vetrogeneratori.html / (дата обращения : 11.09.17).

3. Ветро-солнечная электростанция [Электронный ресурс] / Альтернативная энергетика. — Режим доступа : http://svsamur.blogspot.ru/2009/11/blog-post_26.html / (дата обращения : 21.09.17).

4. Сетевая солнечная электростанция 6 кВт [Электронный ресурс] / Энергия солнца. — Режим доступа : http:// www.multiwood.ru /product_info /solar_systems_30227.htm/ (дата обращения : 20.09.17).

5. Усков, А. Е. Потенциал, особенности работы и экономическая эффективность солнечных фотоэлектрических станций / А. Е. Усков, Е. О. Буторина, Е. Г. Беспалов // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграрн. ун-та. — 2014. — № 04 (098). — С. 353–363.

6. Усков, А. Е. Солнечные фотоэлектрические станции как основной источник энергии / А. Е. Усков // Политематический сетевой электронный науч. журнал Кубанского гос. аграрн. Ун-та. — 2014. — № 10 (104). — С. 467–475.

References

1. Al'ternativnye istochniki energii. Chast' 3. Kak otsenit' skorost' vetra dlya vetrogeneratora. [Alternative energy sources. Part 3. How to estimate the wind speed for a wind-powered generator.] Available at: http://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=106995/ (accessed: 14.09.17) (in Russian).

2. Vetro-solnechnaya elektrogeneratornaya ustanovka Bekar (Germaniya). [Bekar solar-wind power plant (Germany).] Available at: http://www.donviga.aaanet.ru/vetrogeneratori.html / (accessed: 11.09.17) (in Russian).

3. Vetro-solnechnaya elektrostantsiya. [Solar-wind power plant.] Available at: http://svsamur.blogspot.ru/2009/11/blog-post_26.html / (accessed: 21.09.17) (in Russian).

4. Setevaya solnechnaya elektrostantsiya 6 kVt. [Solar network power plant 6 kW.] Available at: http:// www.multiwood.ru /product_info /solar_systems_30227.htm/ (accessed: 20.09.17) (in Russian).

5. Uskov, A.E., Butorina, E.O., Bespalov, E.G. Potentsial, osobennosti raboty i ekonomicheskaya effektivnost' solnechnykh fotoelektricheskikh stantsiy. [Potential, features of work and economic efficiency of solar photoelectric stations.] Scientific Journal of KubSAU, 2014, no. 04 (098), pp. 353–363 (in Russian).

6. Uskov, A.E. Solnechnye fotoelektricheskie stantsii kak osnovnoy istochnik energii. [Solar photo-electric stations as a basic energy source.] Scientific Journal of KubSAU, 2014, no. 10 (104), pp. 467–475 (in Russian).

Поступила в редакцию 03.10.2017
Сдана в редакцию 09.10.2017
Запланирована в номер 15.01.2018

Received 03.10.2017
Submitted 09.10.2017
Scheduled in the issue 15.01.2018

Об авторе:

Усков Антон Евгеньевич,
доцент кафедры «Электротехника, теплотехника и возобновляемые источники энергии» Кубанского государственного аграрного университета (РФ, 350044 г. Краснодар, ул. Калинина 13), кандидат технических наук,
ORCID:https://orcid.org/0000-0002-5450-5210,
9184349285@mail.ru

Author:

Uskov, Anton E.,
associate professor of the Electrical Engineering, Heat Engineering and Renewable Energy Sources Department, Kuban State Agrarian University (RF, 350044 Krasnodar, Kalinin St., 13), Cand.Sci. (Eng.),
ORCID:https://orcid.org/0000-0002-5450-5210,
9184349285@mail.ru